

CARACTERIZACIÓN POSTCOSECHA DE SIETE VARIEDADES DE CAQUI ASTRINGENTES DE ORIGEN ESPAÑOL PROCEDENTES DEL BANCO DE GERMOPLASMA DEL IVIA

Centro de Tecnología Postcosecha (CTP), Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). 46113 Moncada (Valencia).

INTRODUCCIÓN

En los últimos 15 años, el cultivo de caqui en España ha experimentado la mayor y más rápida expansión entre los países de la cuenca mediterránea, alcanzando en el año 2011 una producción cercana a las 55.000 t, según datos facilitados por el Consejo Regulador de la Denominación de Origen (C.R.D.O.) 'Kaki Ribera del Xúquer'. El motivo principal de esta expansión ha sido el incremento en la producción de la variedad autóctona 'Rojo Brillante'. Esta variedad es astringente en el momento de la recolección, pero la optimización de la tecnología postcosecha apropiada para eliminar la astringencia del fruto que permite comercializarlo como no astringente y firme, junto a sus características agronómicas y de calidad, han contribuido a su éxito comercial.

En la actualidad, prácticamente la totalidad de la producción de caqui en la Comunidad Valenciana está centralizada en la variedad 'Rojo Brillante'. El hecho de basar el cultivo del caqui en una única variedad puede comprometer su futuro ya que ello presenta riesgos comerciales y sanitarios. Hay que tener en cuenta que el periodo de recolección de esta variedad se centraliza en dos-tres meses, de octubre a diciembre, con los problemas que plantea el no tener posibilidad de estratificar la recolección de los frutos y ampliar el periodo de comercialización.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue la evaluación del comportamiento en frigoconservación de siete variedades de caqui astringentes de origen español, introducidas en el banco de germoplasma del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, que podrían ampliar la gama varietal de la Comunidad Valenciana. Todas las variedades se almacenaron 5 días a 20 °C, simulando un periodo de comercialización directa, o durante un periodo variable de 1 a 4 semanas a 1 °C (95% RH) seguidas de una simulación de comercialización durante 5 días a 20 °C. Previamente al almacenamiento a 20 °C durante 5 días, los frutos se sometieron a un tratamiento de eliminación de la astringencia mediante la aplicación de una atmósfera enriquecida en CO₂ (95 - 98%) durante 24 horas a 20 °C, evaluando así la respuesta al tratamiento de desastringencia. En el momento de recolección y tras los 5 días a 20 °C se evaluaron los siguientes parámetros: color, firmeza, pérdida de peso, contenido en sólidos solubles, acidez, contenido en taninos solubles, producción en compuestos volátiles (acetaldehído y etanol) y calidad sensorial. Teniendo en cuenta que el parámetro limitante en la comercialización de caqui es la pérdida de firmeza, todas las variedades estudiadas presentaron una firmeza adecuada tras el periodo de comercialización directa de 5 días a 20 °C. De todas ellas, las variedades 'Bétera 3', 'Constantí' y 'Xato de Bonrepós' fueron las que presentaron una mejor aptitud a la frigoconservación, manteniendo una firmeza adecuada para su comercialización como 'caqui duro' tras 2 - 3 semanas de almacenamiento a 1 °C. Además, en todas las variedades ensayadas el tratamiento de CO₂ fue efectivo en la eliminación de la astringencia.

PALABRAS CLAVE: *Diospyros caqui*, frigoconservación, astringencia, firmeza, calidad sensorial.

POSTHARVEST CHARACTERIZATION OF SEVEN ASTRINGENT PERSIMMON CULTIVARS FROM SPANISH ORIGIN SUPPLIED BY THE IVIA GERMPLASM BANK

ABSTRACT

The aim of the present work was to evaluate the behavior during cold storage of seven astringent persimmon cultivars from Spanish origin, introduced in the Germplasm Bank of the Valencian Institute of Agrarian Research that can extend the varietal range in the Comunidad Valenciana. All varieties were stored 5 days at 20 °C, simulating retail handling conditions, or during a variable period from 1 to 4 weeks at 1 °C (95% RH), followed by 5 days at 20 °C. Before the storage at 20 °C during 5 days, the fruit astringency was removed by application of a 95 - 98% CO₂ for 24 hours at 20 °C. At harvest and after 5 days at 20 °C the following parameters were evaluated: color, firmness, weight loss, soluble solids content, acidity, soluble tannins content, volatile compounds production (acetaldehyde and ethanol), and sensory quality. Considering that the limiting factor for persimmon commercialization is the loss of firmness, all the cultivars studied presented a good firmness after 5 days of storage at 20 °C. Among the studied cultivars, the varieties 'Bétera 3', 'Constantí' and 'Xato de Bonrepós' were those that presented a better aptitude to cold storage, maintaining an appropriate firmness for their commercialization as 'crispy persimmon' during 2-3 weeks of storage at 1 °C. In addition, in all of the varieties the deastringency treatment applied was effective removing the astringency of the fruits.

KEYWORDS: *Diospyros caqui*, cold storage, astringency, firmness, sensory quality.

Consciente de este problema, el IVIA constituyó un banco de germoplasma de caqui con la introducción de acce-

siones de distinto tipo y procedencia con el objetivo de ampliar la gama varietal con variedades de recolección

tanto temprana como tardía. En este trabajo se presenta el estudio realizado durante 3 campañas consecutivas del comportamiento en frigoconservación de 7 variedades de caqui astringentes de origen español, procedentes del banco de germoplasma de caqui del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Además se estudia la respuesta de estas variedades al tratamiento de desastringencia.

MATERIAL Y MÉTODOS

En tres campañas consecutivas, correspondientes a los años 2007, 2008 y 2009, siete variedades de caqui astringentes de origen español, procedentes del banco de germoplasma del IVIA, se recolectaron en estado de madurez comercial y se trasladaron a las instalaciones del Centro de Tecnología Postcosecha (CTP) del IVIA. Los frutos fueron seleccionados, eliminando la fruta con heridas o alteraciones, y se distribuyeron en lotes homogéneos, de entre 30 y 40 frutos, para someterlos a distintas condiciones de almacenamiento y un lote adicional para realizar el análisis de calidad en el momento de cosecha. Dependiendo de la disponibilidad de la fruta en cada variedad y campaña, la fruta fue almacenada 5 días a 20 °C, simulando un periodo de comercialización directa (CD), o durante un periodo variable de 1 a 4 semanas a 1 °C (95% HR) seguido de una simulación de comercialización de 5 días a 20 °C (C). La Tabla 1 muestra las fechas de recolección y las condiciones de almacenamiento ensayadas para cada variedad y campaña de estudio.

Al tratarse de variedades astringentes, previamente a la simulación de la comercialización directa (CD) o de la comercialización (C) tras los diferentes periodos de almacenamiento, los frutos fueron sometidos a un tratamiento de eliminación de astringencia con altas concentraciones de CO₂ (95 - 98%) en cabinas de flujo continuo, durante 24 horas a 20 °C y con un 85 - 90% de HR. Este tratamiento corresponde al tratamiento estándar aplicado para eliminar la astringencia del caqui 'Rojo Brillante' (Arnal y del Río, 2003).

En el momento de la recolección, tras el periodo de comercialización directa, y tras los diferentes periodos de frigoconservación seguidos de 5 días a 20 °C, se evaluaron los siguientes parámetros: color, firmeza, pérdida de peso, contenido en sólidos solubles totales, acidez, contenido en taninos solubles, producción de acetaldehído y etanol, y además se realizó una evaluación sensorial de la astringencia, sabor del fruto (sabor global y presencia de malos sabores) y firmeza.

El color se midió con un colorímetro (Minolta, modelo CR-300) utilizando el espacio de color Hunter Lab (L, a, b) y los resultados se expresaron como índice de color (IC) (IC = 1000 a / L b).

La firmeza de los frutos se evaluó utilizando un texturómetro (Instron Universal Machine, modelo 3343, Instron Corp.) provisto de un punzón de 8 mm de diámetro y una velocidad de punción de 10 mm/min. Los resultados se expresaron como la fuerza en Newtons (N) necesaria para romper la pulpa. La evaluación se realizó en 20

frutos, haciéndose dos medidas por fruto en lados opuestos de la zona ecuatorial, tras eliminar la piel.

La pérdida de peso (PP) se determinó de forma individual sobre 20 frutos expresándose el resultado como porcentaje de pérdida de peso respecto del peso inicial del fruto.

El contenido en sólidos solubles totales (CSS) se determinó sobre el zumo de fruta utilizando un refractómetro digital (Atago, modelo PAL-3, Atago CO., LTD). Al tratarse de variedades astringentes, previamente a la determinación del CSS, se procedió a precipitar los taninos solubles, para evitar valores de lectura erróneos, según el método descrito por Sugiura *et al.* (1983). La acidez, se determinó por triplicado mediante la valoración de alícuotas de 5 ml de zumo con una solución de NaOH 0,1 N hasta pH 8,2 utilizando un valorador automático (Mettler Toledo, modelo T50), siendo los resultados expresados como g ácido málico / 100 mL zumo.

Tabla 1. Variedades de caqui, fechas de recolección y condiciones de almacenamiento estudiadas en cada campaña.

Variedad	Campaña	Fecha cosecha	Condiciones de almacenamiento	
			CD	Frigoconservación
Tomatero	2007	24-oct	CD	2 sem 1°C + C
	2008	13-oct	CD	1 y 2 sem 1°C + C
	2009	6-oct	CD	1, 2, 3 y 4 sem 1°C + C
Bétera 3	2007	13-nov	CD	-
	2008	4-nov	CD	1 y 2 sem 1°C + C
	2009	1-nov	CD	2 y 3 sem 1°C + C
Constantí	2007	13-nov	CD	2 sem 1°C + C
	2008	7-nov	CD	1 y 2 sem 1°C + C
	2009	5-nov	CD	1, 2, 3, y 4 sem 1°C + C
La Selva 14	2007	13-nov	CD	2 sem 1°C + C
	2008	7-nov	CD	1 y 2 sem 1°C + C
	2009	5-nov	CD	1, 2, 3, y 4 sem 1°C + C
Xato de Bonrepós	2007	15-oct	CD	2 sem 1°C + C
	2008	17-oct	CD	1, 2, y 3 sem 1°C + C
	2009	19-oct	CD	1, 2, 3, y 4 sem 1°C + C
Bétera 2	2007	24-oct	CD	2 y 4 sem 1°C + C
	2008	28-oct	CD	1, 2, y 3 sem 1°C + C
	2009	27-oct	CD	1, 2, 3, y 4 sem 1°C + C
Reus 15	2007	8-nov	CD	2 sem 1°C + C
	2008	4-nov	CD	1 y 2 sem 1°C + C
	2009	27-oct	CD	1, 2, 3, y 4 sem 1°C + C

CD= Comercialización directa (5 días a 20 °C); C= Comercialización (5 días a 20 °C)

El contenido en taninos solubles se determinó por espectrofotometría siguiendo el 'Folin-Denis Method' (Taira, 1996), expresándose los resultados como porcentaje de peso fresco (% p.f.).

Los compuestos volátiles, acetaldehído y etanol, se determinaron por cromatografía gaseosa de espacio de cabeza, según el método descrito por Ke y Kader (1990), en 3 zumos correspondientes a 3 réplicas, y los resultados se expresaron como mg de acetaldehído o etanol en 100 mL de zumo.

La evaluación sensorial de los frutos fue realizada por un panel constituido por un mínimo de 10 jueces semientrenados, pertenecientes al CTP del IVIA, en una sala de análisis sensorial que cumple los requisitos establecidos por la norma UNE-EN ISO 8589:2010 (AENOR, 2010). Los parámetros evaluados fueron: presencia de astringencia, presencia de malos sabores, firmeza y sabor global. La astringencia se valoró con una escala de 1 a 3, donde 1 representa astringente y 3 no astringente. Los malos sabores se evaluaron con una escala gradual de 0 a 3, donde 0 corresponde a ausencia de malos sabores y 3 presencia acusada. La firmeza se valoró con una escala de 1 (muy blando) a 5 (muy firme). Para la evaluación del sabor global se utilizó una escala gradual de 1 a 9, donde se agruparon los valores en tres grados de calidad: 1-3: calidad mala; 4-6: calidad aceptable; 7-9: calidad excelente. Las muestras procedían de 15 frutos por tratamiento, los cuales fueron troceados y presentados a los catadores identificados mediante un código de 3 dígitos elegido al azar. Para evitar interferencias entre muestras, se bebió leche entre las mismas.

El análisis estadístico de los datos, se realizó con el paquete estadístico Statgraphics Plus Versión 5.1, mediante el análisis de la varianza (ANOVA). Las diferencias significativas entre las medias obtenidas para los distintos periodos de almacenamiento se establecieron a partir del análisis MDS

(mínima diferencia significativa) con un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De todas las variedades estudiadas, la variedad 'Tomatero', es la considerada más precoz, pudiendo ser recolectada a principios de octubre, lo que supone un adelanto respecto a la variedad 'Rojo Brillante' de aproximadamente un mes. Por el contrario, las variedades 'Constantí' y 'La Selva 14' son más tardías, recolectándose entre la segunda y tercera semana del mes de noviembre. El resto de variedades evaluadas presentan un periodo de recolección similar a la variedad 'Rojo Brillante'.

El carácter astringente de estas variedades en el momento de la recolección, consecuencia de la presencia de taninos solubles, hace necesario la aplicación de tratamientos postcosecha de desastringencia previamente a la comercialización de los frutos. Estos tratamientos se basan en la exposición del fruto a condiciones de respiración anaerobia, de manera que se produce la polimerización de los taninos solubles en presencia del acetaldehído, producido en condiciones de anaerobiosis, pasando a formas insolubles que no provocan sensación de astringencia al paladar (Taira *et al.*, 1997). Entre los distintos tratamientos existentes, la aplicación de altas concentraciones de CO₂ ha mostrado ser el método más efectivo para eliminar la astringencia de los frutos manteniendo su firmeza (Pesis y Ben-Arie, 1986; Zavrtnik *et al.*, 1999; Yamada *et al.*, 2002; Arnal y del Río, 2003).

La eficacia en la eliminación de la astringencia al aplicar altas concentraciones de CO₂ depende del cultivar y de otros factores como duración del tratamiento, temperatura y estado de madurez del fruto (Ben-Arie y Sonogo, 1993; Besada, 2008). En este estudio, el tratamiento aplicado a las 7 variedades, tras la conservación a 1 °C previamente al periodo de comercialización, fue el optimizado en el CTP del IVIA para la variedad 'Rojo Brillante', que

consiste en la exposición del fruto durante 24 horas a 95 - 98% CO₂, manteniendo una temperatura de 20 °C y humedad relativa de 85 - 90% (Arnal y del Río, 2003).

En el momento de recolección, el contenido en taninos solubles en las variedades 'Bétera 3', 'Constantí' y 'La Selva 14' varió entre 0,4 y 0,7%, mientras que el resto de las variedades, presentaron un mayor contenido en taninos solubles (0,8 - 1,5%). Tras la aplicación del tratamiento de desastringencia, después de los diferentes periodos de almacenamiento, se observó en todas las variedades una reducción del 95 - 97% del contenido en taninos solubles respecto al valor inicial en recolección, demostrando de este modo la eficacia de mismo (Tabla 2). La completa eliminación de la astringencia fue corroborada en la evaluación sensorial en la que los jueces evaluaron como 'no astringentes' todas las variedades tras los distintos periodos de almacenamiento estudiados (Tabla 3).

El descenso en taninos solubles observado se ha relacionado directamente con un incremento en la producción de acetaldehído y etanol como consecuencia de la aplicación de altas concentraciones de CO₂ (Arnal y del Río, 2003). En todas las variedades estudiadas, los valores de acetaldehído y etanol en el momento de la recolección fueron bajos (entre 0,07 y 0,20 mg/100 mL), aumentando hasta valores de acetaldehído entre 1,3 y 3,5 mg/100 mL y de etanol entre 0,30 y 23,76 mg/100 mL, tras la aplicación del tratamiento de desastringencia y posterior periodo de comercialización directa (CD). Por otra parte, el almacenamiento prolongado a 1 °C, en algunas variedades dio lugar a un aumento significativo del contenido en estos volátiles llegando a alcanzar valores de acetaldehído entre 1,73 y 3,45 mg/100 mL y valores de etanol entre 70 y 100 mg/100 mL tras 4 semanas de almacenamiento a 1 °C (Tabla 2). A pesar de los niveles de etanol alcanzados tras los periodos de frigoconservación, en ninguna de las variedades se detectó la aparición de malos sabores (Tabla 3).

Este efecto también se ha observado en la variedad 'Rojo Brillante', con un incremento de la concentración de acetaldehído y etanol tras la aplicación del tratamiento de desastringencia mayor cuando los frutos son almacenados a 1 °C que cuando son almacenados a 15 °C (Arnal y del Río, 2004a; 2004b; Salvador *et al.*, 2004a; 2005).

La firmeza del fruto es uno de los principales factores limitantes en la comercialización de caqui cuando se comercializa como 'caqui duro'. En general, una elevada firmeza en recolección es determinante para mantener la calidad del fruto tras la cosecha. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la firmeza óptima de recolección dependerá en gran medida de las condiciones de almacenamiento a las que va a ser sometida la fruta tras la recolección y de la variedad (Salvador *et al.*, 2007a; Besada, 2008). En este trabajo, las diferentes variedades se recolectaron en todas las campañas con una firmeza superior a 40 N, excepto en las variedades 'Reus 15' y 'Tomatero' que presentaron menor firmeza, con valores entre 28 - 32 N. La Figura 1 (pag. 167) presenta los valores de firmeza para la campaña 2009 como representativos del comportamiento observado en todas las campañas de estudio. Durante el periodo de comercialización directa a 20 °C y tras los diferentes periodos de frigoconservación se observó una pérdida de firmeza gradual con el tiempo de almacenamiento.

En el caso de la variedad 'Rojo Brillante', se ha establecido que firmezas por debajo de 10 N no se consideran aptas para su comercialización como 'caqui duro' (Arnal y del Río, 2004a; Salvador *et al.*, 2004a; 2004b; 2007b). El análisis sensorial llevado a cabo en las distintas variedades estudiadas reveló que la fruta evaluada con valores de firmeza por encima de 3 ('ni firme ni blando') presentó una firmeza instrumental superior a 10 N (Figura 1 y Tabla 3). Por ello, el valor de 10 N también se podría establecer como firmeza límite para su comercialización como 'caqui duro' (Romaguera, 2013).

Tabla 2. Parámetros de calidad interna y compuestos volátiles en el momento de recolección, tras la simulación de una comercialización directa de 5 días a 20 °C (C) y tras diferentes periodos de frigoconservación a 1 °C más el periodo de comercialización a 20 °C de 7 variedades de caqui en la campaña 2009.

Campaña	Condiciones Almacenamiento	PP (%)	CSS (°Brix)	Acidez (g/100 mL)	Taninos Solubles (%)	AcCOH (mg/100 mL)	EtOH (mg/100 mL)
Tomatero	Recolección	-	16,8 a	0,211 d	1,317 b	0,11 a	0,12 a
	5 días 20°C (C)	2,6 d	18,5 b	0,075 a	0,048 a	2,38 c	0,30 a
	1 sem 1°C + C	1,2 a	19,1 c	0,076 a	0,050 a	2,70 c	0,28 a
	2 sem 1°C + C	1,6 b	19,0 c	0,104 b	0,052 a	1,96 b	0,47 a
	3 sem 1°C + C	2,4 c	19,7 d	0,135 c	0,052 a	1,99 b	19,65 b
	4 sem 1°C + C	2,9 e	19,7 d	0,142 c	0,042 a	3,45 d	97,25 c
Bétera 3	Recolección	-	20,3 a	0,139 c	0,383 b	0,13 a	0,07 a
	5 días 20°C (C)	2,4 a	20,5 a	0,072 b	0,025 a	2,94 b	11,86 b
	2 sem 1°C + C	2,8 b	20,6 a	0,062 a	0,024 a	3,13 b	14,93 b
	3 sem 1°C + C	3,4 c	20,5 a	0,063 a	0,027 a	2,83 b	24,19 c
Constantí	Recolección	-	18,9 a	0,145 c	0,527 b	0,14 a	0,20 a
	5 días 20°C (C)	2,8 b	19,8 a	0,069 a	0,025 a	3,30 c	18,18 b
	1 sem 1°C + C	2,1 a	20,5 a	0,069 a	0,024 a	3,32 c	14,05 b
	2 sem 1°C + C	2,2 a	19,4 a	0,061 a	0,026 a	2,81 b	17,49 b
	3 sem 1°C + C	3,5 c	20,6 a	0,072 a	0,026 a	3,16 c	31,68 c
	4 sem 1°C + C	3,2 c	19,7 a	0,095 b	0,021 a	2,79 b	36,29 c
La Selva 14	Recolección	-	16,9 a	0,162 c	0,711 b	0,11 a	0,14 a
	5 días 20°C (C)	2,2 b	18,6 b	0,069 a	0,030 a	3,46 c	23,76 c
	1 sem 1°C + C	1,8 a	19,5 bc	0,061 a	0,026 a	3,45 c	11,73 b
	2 sem 1°C + C	1,9 a	19,6 c	0,054 a	0,029 a	3,12 c	27,89 c
	3 sem 1°C + C	2,3 b	20,1 c	0,067 a	0,031 a	3,10 c	22,53 c
	4 sem 1°C + C	3,1 c	21,7 d	0,099 b	0,024 a	2,30 b	25,27 c
Xato de Bonrepós	Recolección	-	14,9 a	0,268 d	1,490 b	0,11 a	0,09 a
	5 días 20°C (C)	0,7 a	16,9 b	0,062 a	0,043 a	2,39 d	7,80 a
	1 sem 1°C + C	1,4 b	17,1 bc	0,063 a	0,046 a	2,80 e	23,00 b
	2 sem 1°C + C	1,9 d	16,9 b	0,058 a	0,051 a	3,13 f	30,92 b
	3 sem 1°C + C	1,7 c	17,1 bc	0,102 b	0,044 a	2,08 c	27,09 b
	4 sem 1°C + C	1,9 d	17,4 c	0,138 c	0,037 a	1,73 b	84,08 c
Bétera 2	Recolección	-	13,8 a	0,276 c	1,269 b	0,07 a	0,11 a
	5 días 20°C (C)	1,5 a	15,8 b	0,079 a	0,042 a	2,54 b	20,89 b
	1 sem 1°C + C	1,9 c	16,4 cd	0,093 b	0,046 a	2,81 bc	25,91 c
	2 sem 1°C + C	1,7 b	16,5 d	0,099 b	0,047 a	3,32 de	26,71 c
	3 sem 1°C + C	1,9 c	16,3 cd	0,078 a	0,046 a	3,51 e	33,56 d
	4 sem 1°C + C	1,9 c	16,2 c	0,077 a	0,037 a	3,11 cd	46,23 e
Reus 15	Recolección	-	19,3 a	0,175 d	0,801 b	0,10 a	0,13 a
	5 días 20°C (C)	1,6 a	19,8 b	0,065 bc	0,026 a	1,34 b	4,74 b
	1 sem 1°C + C	2,1 cd	20,2 c	0,065 bc	0,026 a	1,62 b	7,34 bc
	2 sem 1°C + C	1,9 b	20,4 c	0,058 a	0,029 a	2,55 cd	9,59 c
	3 sem 1°C + C	2,0 c	20,3 c	0,060 ab	0,027 a	2,81 d	28,48 d
	4 sem 1°C + C	2,2 d	20,4 c	0,067 c	0,022 a	2,19 c	70,89 e

PP: Pérdida de Peso; CSS: Contenido Sólidos Solubles; AcCOH: Acetaldehído; EtOH: Etanol
Valores con letras distintas en cada columna indican diferencias significativas según el análisis MDS ($P < 0,05$).

Teniendo en cuenta los resultados de firmeza tanto instrumental como sensorial, se observa que todas las variedades mantuvieron una firmeza adecuada para su comercialización como 'caqui duro' tras el periodo de comercialización directa. Los frutos de las variedades con menor firmeza en el

momento de la cosecha mostraron los valores de este parámetro más bajos tras los periodos de almacenamiento estudiados. La variedad 'Reus 15' mantuvo una firmeza comercial durante 2 semanas de frigoconservación, mientras que la variedad 'Tomatero' sufrió un ablandamiento algo mayor, mostrando valores de firmeza no comerciales tras

Tabla 3. Análisis sensorial en el momento de recolección, tras la simulación de una comercialización directa de 5 días a 20 °C (C) y tras diferentes periodos de frigoconservación a 1 °C más el periodo de comercialización a 20 °C de 7 variedades de caqui en la campaña 2009.

Campaña	Condiciones Almacenamiento	Análisis Sensorial		
		F	A	SG
Tomatero	Recolección	-	-	-
	5 días 20°C (C)	3,8 c	2,8 a	6,7 a
	1 sem 1°C + C	3,8 c	2,7 ab	6,7 a
	2 sem 1°C + C	2,5 b	3,0 b	6,6 a
	3 sem 1°C + C	2,2 b	3,0 b	6,8 a
	4 sem 1°C + C	1,0 a	3,0 b	7,1 a
Bétera 3	Recolección	-	-	-
	5 días 20°C (C)	3,9 b	3,0 a	7,5 a
	2 sem 1°C + C	3,8 b	3,0 a	7,5 a
	3 sem 1°C + C	3,0 a	3,0 a	7,1 a
Constantí	Recolección	-	-	-
	5 días 20°C (C)	4,2 c	3,0 a	7,2 a
	1 sem 1°C + C	3,7 bc	3,0 a	7,7 a
	2 sem 1°C + C	3,8 bc	3,0 a	7,3 a
	3 sem 1°C + C	3,5 ab	3,0 a	7,4 a
	4 sem 1°C + C	3,0 a	3,0 a	7,5 a
La Selva 14	Recolección	-	-	-
	5 días 20°C (C)	3,6 b	3,0 a	7,0 ab
	1 sem 1°C + C	4,0 b	3,0 a	7,6 b
	2 sem 1°C + C	3,8 b	3,0 a	7,2 ab
	3 sem 1°C + C	2,8 a	3,0 a	6,8 a
	4 sem 1°C + C	2,6 a	3,0 a	7,5 ab
Xato de Bonrepós	Recolección	-	-	-
	5 días 20°C (C)	4,5 d	3,0 a	6,8 b
	1 sem 1°C + C	4,1 cd	3,0 a	6,6 b
	2 sem 1°C + C	3,7 c	3,0 a	6,5 b
	3 sem 1°C + C	2,3 b	3,0 a	6,4 b
	4 sem 1°C + C	1,3 a	3,0 a	5,7 a
Bétera 2	Recolección	-	-	-
	5 días 20°C (C)	3,7 c	3,0 a	5,6 a
	1 sem 1°C + C	3,3 b	3,0 a	6,1 ab
	2 sem 1°C + C	3,2 b	3,0 a	6,4 ab
	3 sem 1°C + C	2,5 a	3,0 a	6,5 b
	4 sem 1°C + C	2,5 a	3,0 a	5,8 ab
Reus 15	Recolección	-	-	-
	5 días 20°C (C)	3,5 c	3,0 a	7,4 b
	1 sem 1°C + C	3,1 bc	3,0 a	7,5 b
	2 sem 1°C + C	3,0 b	3,0 a	7,5 b
	3 sem 1°C + C	2,0 a	3,0 a	7,4 b
	4 sem 1°C + C	2,0 a	3,0 a	6,2 a

F: Firmeza; A: Astringencia; SG: Sabor Global

Valores con letras distintas en cada columna indican diferencias significativas según el análisis MDS ($P < 0,05$)

el mismo periodo de almacenamiento. Los frutos de 'Bétera 2', con elevada firmeza en recolección, aunque experimentaron un rápido ablandamiento tras el periodo de comercialización directa, mantuvieron valores de firmeza comerciales (iguales o superiores a 10 N) durante 2 semanas en frigoconservación más la subsiguiente comercialización. Las variedades 'Xato de Bonrepós', 'Bétera 3' y 'Constantí' pre-

sentaron valores de firmeza elevados hasta 2 semanas de conservación y no mostraron valores inferiores a 10 N hasta después de 4 semanas a 1 °C más 5 días a 20 °C. 'La Selva 14', aunque con firmezas de recolección también elevadas, experimentaron un mayor ablandamiento, con valores no comerciales tras 3 semanas de almacenamiento o incluso tras periodos de conservación más cortos en otras cam-

pañas de estudio.

En la actualidad el parámetro utilizado como índice de madurez para determinar el momento óptimo de recolección en caqui 'Rojo Brillante' es la coloración externa del fruto. La Figura 2 (pag. 167) muestra el índice de color en recolección y su evolución durante la comercialización directa a 20 °C y frigoconservación de las distintas variedades para la campaña 2009. Todas las variedades se cosecharon con un índice de color (IC) comprendido entre 4 y 7, que se corresponde con una tonalidad entre verde-amarillenta y amarillo-anaranjada (Fotografía 1, pag. 167). El IC aumentó con el tiempo de almacenamiento, virando hacia una coloración más naranja-rojiza o rojiza, dependiendo de la variedad. De todas las variedades, 'Bétera 3', 'Constantí' y 'La Selva 14' fueron las que presentaron menores valores de IC tras los distintos periodos de almacenamiento estudiados. La variedad 'Tomatero' fue la que alcanzó los mayores valores de IC (superiores a 20) adquiriendo un color externo rojo intenso muy característico de la misma (Fotografía 2, pag. 167). El incremento de color observado durante el periodo de almacenamiento ha sido reportado en estudios previos. Mientras la fruta se mantiene a bajas temperaturas la evolución de color queda ralentizada, pero tras los periodos de comercialización el color del fruto se incrementa (Salvador *et al.*, 2007a).

Todas las variedades se recolectaron con un CSS comprendido entre 14 - 20 °Brix. En todos los casos el CSS se incrementó ligeramente al aumentar el tiempo de almacenamiento, llegando a alcanzar valores entre 17 - 22 °Brix tras 4 semanas a 1 °C más el periodo de comercialización a 20 °C (Tabla 2).

El caqui se caracteriza por tener una baja acidez. En el momento de la recolección las variedades 'Bétera 3', 'Constantí' y 'La Selva 14' presentaron una acidez entre 0,14 - 0,16 g de ácido málico/100 mL de zumo, mientras que el resto presentaron mayor acidez (0,2 - 0,3 g de ácido málico/100 mL de zumo) (Tabla 2). Tras la eliminación de la astringencia, la acidez se redujo de manera significativa. Esto es debido a

un aumento del pH directamente relacionado con la insolubilización de los taninos durante dicho tratamiento (Salvador *et al.*, 2007a; Besada, 2008).

La pérdida de peso (PP) en ninguna de las variedades resultó ser un factor limitante en las condiciones de almacenamiento a las que fueron sometidos los frutos tras la cosecha. Las mayores PP (2 - 4%) fueron mostradas por las variedades 'Bétera 3', 'Constantí' y 'La Selva 14' lo que podría estar relacionado con el anillado o agrietamiento concéntrico superficial observado en la zona del ápice de los frutos que provocó a su vez una maduración más rápida (Romaguera, 2013) (Fotografía 3).

En cuanto a la calidad organoléptica, todas las variedades fueron evaluadas por los jueces con una calidad entre aceptable y excelente (6 - 8), siendo la variedad 'Reus 15' una de las mejor valoradas (Tabla 3). En todas las variedades, excepto para 'Tomatero', los jueces destacaron el dulzor de las mismas. Por otro lado, no se observó una pérdida de la calidad sensorial de los frutos tras los diferentes periodos de almacenamiento en ninguna de las variedades estudiadas. Visualmente, las variedades 'Bétera 3', 'Constantí', 'La Selva 14' y 'Bétera 2', presentaron un moteado marrón en la pulpa que resultó llamativo a los jueces al no observarse en la variedad Rojo Brillante que es la que tienen como referencia por su mayor producción y consumo (Fotografía 4).

CONCLUSIONES

De todas las variedades estudiadas, la variedad 'Tomatero' es la de recolección más temprana, mientras que las variedades 'Constantí' y 'La Selva 14' son las más tardías. Ello unido a su origen español las hace interesantes para poder ampliar el periodo comercial del caqui en el área Mediterránea.

Teniendo en cuenta que el parámetro limitante en la comercialización de caqui como 'caqui duro' es la pérdida

de firmeza, todas las variedades estudiadas presentan una firmeza adecuada durante el periodo de comercialización directa de 5 días a 20 °C. Por otro lado, las variedades 'Bétera 3' y 'Constantí', junto con la variedad 'Xato de Bonrepós' fueron las que presentaron una mejor aptitud a la frigoconservación, manteniendo una firmeza adecuada para su comercialización como 'caqui duro' tras 2 - 3 semanas de almacenamiento a 1 °C.

En todas las variedades estudiadas, el tratamiento aplicado para la eliminación de la astringencia con altas concentraciones de CO₂ resultó efectivo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se dedica de manera especial en memoria del Dr. Miguel Ángel Del Río Gimeno por su gran dedicación y apoyo. Los autores agradecen al Departamento de Fruticultura del IVIA la aportación del material vegetal utilizado así como la ayuda y colaboración prestada.

REFERENCIAS

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). 2010. Análisis sensorial. Manual de normas UNE. 2ª Edición. Ed. AENOR, Madrid, pp. 456.
- Arnal, L., Del Río, M.A. 2003. Removing astringency by carbon dioxide and nitrogen-enriched atmospheres in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante'. *J. Food Sci.*, 68 (4): 1516-1518.
- Arnal, L., Del Río, M.A. 2004a. Effect of cold storage and removal astringency on quality of persimmon fruit (*Diospyros kaki*, L.) cv. Rojo Brillante. *Food Sci. Technol. Int.*, 10 (3): 179-185.
- Arnal, L., Del Río, M.A. 2004b. Quality of persimmon fruit cv. Rojo Brillante during storage at different temperatures. *Spanish J. Agric. Res.*, 2 (2): 243-247.
- Ben-Arie, R., Sonogo, L. 1993. Temperature affects astringency removal and recurrence in persimmon. *J. Food Sci.*, 58 (6): 1397-1400.
- Besada, C. 2008. Mejora de la tecnología de desastringencia, conservación y comercialización de caqui 'Rojo Brillante' para consumo en fresco. Tesis doctoral. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. España. 287 pp.
- Ke, D., Kader, A.A. 1990. Tolerance of 'Valencia' oranges to controlled atmospheres as determined by physiological responses and quality attributes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 115 (5): 779-783.
- Pesis, E., Ben-Arie, R. 1986. Carbon dioxide assimilation during postharvest removal of astringency from persimmon fruit. *Physiol. Plant.*, 67 (4): 644-648.
- Romaguera, S. 2013. Comportamiento postcosecha de variedades de caqui y de nuevas variedades de fruta de hueso de interés comercial. Tesis doctoral.

- Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. España. 211 pp.
- Salvador, A., Arnal, L., Besada, C., Larrea, V., Quiles, A., Pérez-Munuera, I. 2007a. Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante'. *Postharvest Biol. Tec.*, 46: 181-188.
- Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., Cuquerella, J. 2004a. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' by 1-MCP. *Postharvest Biol. Tec.*, 33: 285-291.
- Salvador, A., Arnal, L., Monterde, A., Cuquerella, J. 2005. Chilling-injury sensitiveness of 'Rojo Brillante' persimmon. *Acta Hort.*, 682 (2): 1109-1115.
- Salvador, A., Arnal, L., Navarro, P., Martínez-Jávega, J.M. 2007b. Aplicación del 1-MCP en la conservación del 'Rojo Brillante'. *Phytoma España*, 189: 82-87.
- Salvador, A., Cuquerella, J., Martínez-Jávega, J.M., Monterde, A., Navarro, P. 2004b. 1-MCP preserves the firmness of stored persimmon 'Rojo Brillante'. *J. Food Sci.*, 69 (2): 69-73.
- Sugiura, A., Kataoka, I., Tomana, T. 1983. Use of refractometer to determine soluble solids of astringent fruits of Japanese persimmon (*Diospyros kaki* L.). *J. Hortic. Sci.*, 58 (2): 241-246.
- Taira, S. 1996. Astringency in persimmon. In: Ed. Linskens, H.F., Jackson, J.F. *Modern Methods of Plant Analysis*, Vol. 18, Fruit Analysis. Springer/Verlag, Berlin/Heidelberg, pp.: 97-110.
- Taira, S., Ono, M., Matsumoto, N. 1997. Reduction of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannins. *Postharvest Biol. Tec.*, 12: 265-271.
- Yamada, M., Taira, S., Ohtsuki, M., Sato, A., Iwanami, H., Yakushiji, H., Wang, R., Yang, Y., Li, G. 2002. Varietal differences in the ease of astringency removal by carbon dioxide gas and ethanol vapor treatments among Oriental astringent persimmons of Japanese and Chinese origin. *Scientia Hort.*, 94: 63-72.
- Zavrtanik, M., Hribar, J., Vidrih, R. 1999. Effect of short anoxia exposure on metabolic changes of persimmon fruits (*Diospyros kaki* L.). *Acta Hort.*, 485: 405-411.



Fotografía 1. Color externo en recolección en la variedad 'Bétera 3' (a), 'Constantí' (b), 'La Selva 14' (c), 'Xato de Bonrepós' (d), 'Bétera 2' (e) y 'Reus 15' (f).



Fotografía 2. Aspecto externo de la variedad 'Tomatero' en el momento de recolección (a) y tras 4 semanas de almacenamiento a 1°C más 5 días a 20°C (b).



Fotografía 3. Agrietamiento concéntrico superficial observado en la zona del ápice de los frutos de las variedades 'Bétera 3' (a y b) y 'Constantí' (c y d).



Fotografía 4: Moteado de la pulpa en las variedades 'Bétera 3' (a), 'Constantí' (b) y 'La Selva 14' (c).

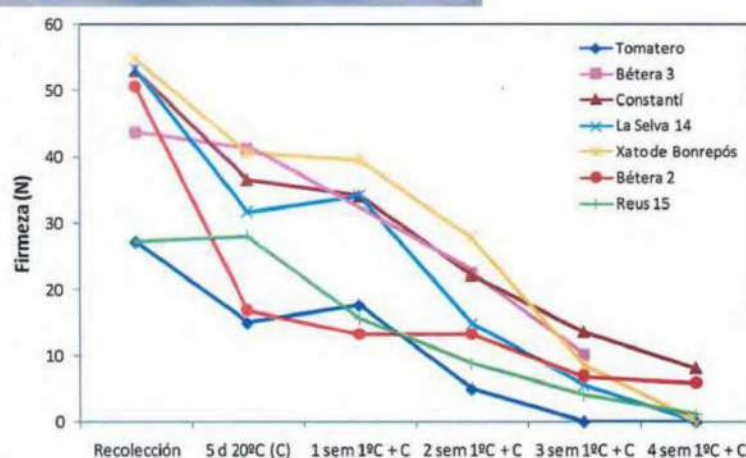


Figura 1. Firmeza (N) en la campaña 2009 en el momento de la recolección, tras la simulación de una comercialización directa de 5 días a 20°C (C) y tras diferentes periodos de frigoconservación a 1°C más el periodo de comercialización a 20°C de 7 variedades de caqui.

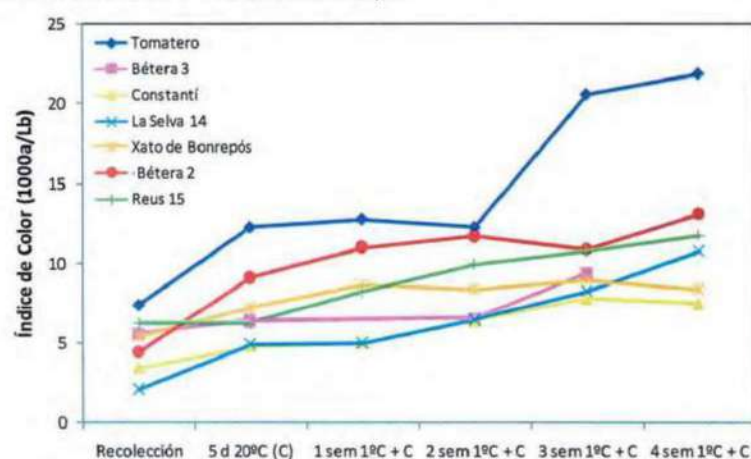


Figura 2. Índice de color en la campaña 2009 en el momento de la recolección, tras la simulación de una comercialización directa de 5 días a 20°C (C) y tras diferentes periodos de frigoconservación a 1°C más el periodo de comercialización a 20°C de 7 variedades de caqui.